

Band 3: Köln klimaneutral 2035 – Methodenband

Oktober 2022



In Zusammenarbeit mit

ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung
Heidelberg gGmbH

Wilckensstraße 3
69120 Heidelberg

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie
gGmbH

Döppersberg 19
42103 Wuppertal



Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	3
2	Methoden und Instrumente	4
2.1	Definition des Begriffs Klimaneutralität	4
2.2	BISKO-Bilanzierung	5
2.3	Grundlagen zur Berechnung des CO ₂ -Budgets für Köln	5
2.4	Szenarienberechnung	7
2.4.1	Grunddaten der Szenarienberechnung	8
2.4.2	Rahmendaten Private Haushalte	9
2.4.3	Rahmendaten Wirtschaftssektoren	9
2.4.4	Rahmenbedingungen Wärmebereitstellung	10
2.4.5	Rahmenbedingungen Stromversorgung	11
2.4.6	Rahmenbedingungen Verkehr	11
2.4.7	Schnittstelle zur Kosten-Nutzen Analyse (Optimierungstool)	11
2.5	Methodik Kosten – Nutzen Analyse (Ebene 1-3)	12
2.5.1	Einschätzung der Investitionskosten	12
2.5.2	Berechnung CO ₂ -Vermeidungskosten	12
2.5.3	Vermiedene Umweltschäden	13
2.5.4	Vermiedene CO ₂ -Steuer	13
2.5.5	Regionale Wertschöpfung	14
2.6	Wirkungsanalyse (Ebene 4)	14
3	Daten und Indikatoren	15
4	Hinweise zur Datenverwendung	16

1 Vorwort

Der Methodenband liefert vertiefende Informationen zum eingesetzten methodischen und instrumentalen Werkzeugkasten.

2 Methoden und Instrumente

Das Kapitel erläutert die wesentlichen methodischen Ansätze.

2.1 Definition des Begriffs Klimaneutralität

Klimaneutralität wird erreicht, wenn die Summe der positiven und negativen Treibhausgas-Einträge gleich null ist. Leitlinien für den Zielpfad „Klimaneutralität“ für Köln sind:

Klimaneutralität bedeutet Treibhausgasneutralität: Die Begriffe Klimaneutralität und Treibhausgasneutralität werden häufig synonym verwendet. In der wissenschaftlichen Diskussion werden diese jedoch differenziert betrachtet. Klimaneutralität bedeutet, dass alle Effekte des menschlichen Handelns auf das Klima berücksichtigt werden müssen (z. B. Änderungen der Oberflächenalbedo (Helligkeit der Oberfläche)¹). Treibhausgasneutralität meint jedoch nur Netto-Null der Treibhausgasemissionen. Dieses Ziel ist im kommunalen Kontext sinnvoll.

Die Vermeidung von Treibhausgasemissionen hat im Sinne des Vorsorgeprinzips Vorrang: Alle vermeidbaren Treibhausgasemissionen müssen vermieden werden.

Oberste Prämisse ist die Einhaltung eines Paris-konformen CO₂-Budgets: Mit der Ratifizierung des Klimaabkommens von Paris hat sich die Bundesrepublik Deutschland völkerrechtlich bindend zu den darin festgelegten Klimazielen bekannt. Um abzuschätzen, ob die klimapolitischen Ziele Paris kompatibel sind, eignet sich der CO₂ – Budget Ansatz. Das CO₂-Budget bezeichnet die kumulativen, von Menschen emittierten CO₂-Emissionen, die ab einem bestimmten Zeitpunkt noch emittiert werden können, sodass die daraus resultierende Erderwärmung eine bestimmt Temperaturschwelle nicht überschreitet.²

Energiebedingte THG-Emissionen weitgehend durch technische und verhaltensbezogene Maßnahmen vermieden: Die energiebedingten Emissionen lassen sich durch Effizienz-, Konsistenz- und Suffizienz-Strategien weitgehend vermeiden.

Unvermeidbare THG-Emissionen (z. B. aus der Landwirtschaft, dem Abwasser oder der Abfallentsorgung) werden kompensiert, wenn möglich regional: Nach heutigem Kenntnisstand verbleiben auch unter Berücksichtigung aller Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen Treibhausgase, bspw. in der industriellen Produktion, der Landwirtschaft oder der Abfallentsorgung. Diese unvermeidbaren Treibhausgasemissionen können nur durch die Entnahme von Kohlenstoff aus der Atmosphäre und die langanhaltende, sichere Bindung oder Einspeicherung ausgeglichen werden. Dabei sind vor dringlich natürliche Senken und nachhaltige Holzwirtschaft zu berücksichtigen.³

Rebound Effekte werden minimiert: Effizienzsteigerungen sind eine wichtige Strategie zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. Rebound-Effekte können die Effekte mindern, indem die eingesparten Ressourcen an anderer Stelle eingesetzt werden. Rebound-Effekte müssen daher vermieden werden, da sonst die Rückgänge geringer ausfallen als angenommen.

¹ Umwelt Bundesamt, Treibhausgasneutralität für Kommunen, März 2021

² SRU, Pariser Klimaziele erreichen mit dem CO₂-Budget

³ Umwelt Bundesamt, Treibhausgasneutralität für Kommunen, März 2021

2.2 BISKO-Bilanzierung

Die wesentlichen Elemente von BISKO sind:

Endenergiebasierter Territorialansatz: Es werden alle energiebedingten Emissionen innerhalb der Kölner Stadtgrenzen bilanziert. Vereinfachend wird im Weiteren nicht von Endenergie- sondern von Energiebilanz gesprochen.

Bundesmix Strom: In der nach BISKO-Standard berechneten Bilanz der Stadt Köln wird für die Bewertung von Strom der Bundesmix genutzt. Parallel wird noch eine zweite Bilanz erstellt, bei der der Strom mit einem lokalen Strommix bewertet wird. Dafür werden alle Strom einspeisenden Anlagen der Rhein-Energie, verschiedener Industriebetriebe, des Flughafens, der Abfallsorgungs- und Verwertungsgesellschaft sowie der Stadtentwässerungsbetriebe berücksichtigt.

Berücksichtigung von Vorketten und CO₂-Äquivalenten: Es werden auch die Emissionen berücksichtigt, die bei Förderung, Aufbereitung und Transport der in Köln eingesetzten Energieträger anfallen, ebenso die Treibhausgase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) als CO₂-Äquivalente. Insofern wird im Weiteren auch nicht von CO₂, sondern von Treibhausgas- oder THG-Emissionen und -Bilanzen gesprochen.

Exergetische Allokation: Bei der Strom- und Wärmeerzeugung aus KWK-Prozessen werden die Emissionen anhand ihrer exergetischen Wertigkeit zugeordnet.

Keine Witterungskorrektur: Der ermittelte Energieverbrauch wird aufgrund von Harmonisierungsprozessen in der BISKO Standardisierung nicht witterungsbereinigt

2.3 Grundlagen zur Berechnung des CO₂-Budgets für Köln

Während das globale CO₂-Budget im Bericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) im Jahr 2018 für unterschiedliche Temperaturanstiege und Wahrscheinlichkeiten vorgelegt wurde, ist die nationale Budgetverteilung zwischen den Ländern bislang nicht verbindlich geklärt. Die Länder haben demnach freie Hand bei der Interpretation. Diskutiert werden unterschiedliche Ansätze, wie mit der Budgetbetrachtung in Bezug auf die eigene Zielformulierung umzugehen ist, bei der es vor allem um die Frage der gerechten Verteilung des verbleibenden Budgets geht.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen empfiehlt für Deutschland ab 2020 ein Budget in Höhe von rd. 6,7 Gigatonnen CO₂ nach dem Einwohnerprinzip. Dem Prinzip liegen die Annahmen zugrunde, dass die zurückliegenden Emissionen nicht berücksichtigt werden, jedoch ein möglichst ambitioniertes Budget angenommen wird. Weiterhin wird ein gleiches Pro-Kopf-Emissionsrecht für jede*n Bewohner*in der Erde angenommen. Bei einer Zunahme der Bevölkerung würde sich das Budget entsprechend erhöhen, bei einem Schrumpfungsprozess abnehmen.

- Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) hat Empfehlungen zur Berechnung eines CO₂-Budgets für Deutschland formuliert.
- Das vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) beschriebene Budget bezieht sich auf die energetischen und die nicht energetischen CO₂-Emissionen.
- Das CO₂-Budget berücksichtigt nur CO₂ als Treibhausgas. Methan und Distickstoffoxid/Lachgas werden nicht berücksichtigt.
- Der in Köln eingesetzte BISKO-Standard bezieht sich auf die energetischen Emissionen und die nicht energetischen Emissionen, berücksichtigt dabei jedoch zusätzlich treibhausrelevante Gase als CO₂-Äquivalente.
- Zur Übertragung des CO₂-Budgets auf die Bilanzgrenzen von Köln sollen daher folgende Annahmen getroffen werden:

- Aus dem Nationalen Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar geht hervor, dass ca. 93 % der Emissionen (CO₂, Methan und Lachgas) energiebedingt sind.
- Als Grundlage für die Budgetbetrachtung werden von den oben genannten Budgets 93 % als energetische angenommen. Der nicht energetische Anteil wird mit 7 % angenommen.
- Zur Prüfung der Einhaltung des Restbudgets werden im Sinne einer Restbudgetbilanz die jährlichen Emissionen der Stadt Köln vom Budget abgezogen.
- Sobald die Summe negativ wird, ist das Budget der Stadt Köln verbraucht und das jeweilige Temperaturbegrenzungsziel aus kommunaler Perspektive verfehlt.
- Da in der BISKO Bilanz jedoch nicht nur CO₂, sondern CO₂-Äquivalente enthalten sind, handelt es sich hier um eine konservative Betrachtung, indem mehr Emissionen vom Budget abgezogen werden als laut Budgetdefinition erforderlich.

Beispielrechnung: Einhaltung des CO₂-Restbudgets für das 1,5 Grad – Ziel

- Bundesdeutsche Betrachtung (nach Einwohnerprinzip)⁴:
- CO₂-Budget (1,5 Grad Ziel, 50 % Wahrscheinlichkeit der Zielerreichung) rund 51 Tonnen CO₂ pro Einwohner
- 51 Tonnen CO₂ pro EW x 1.092.000 EW = 55,7 Mio. Tonnen CO₂
- Wichtig: Bilanziert für die energiebedingten Emissionen werden:
=> Ca. 93 % des obigen CO₂-Budgets können für energiebedingte Emissionen angerechnet werden⁵
- 55,7 Mio. Tonnen CO₂ x 93 % = 51,8 Mio. Tonnen (1,5 Grad Ziel, 50 % Wahrscheinlichkeit)

Analog zur obigen Beispielrechnung, wird die im Gutachten für die Stadt Köln ein Korridor für das 1,75 Grad und das 1,5 Grad Ziel berechnet.

⁴ Quelle: SRU, Umweltgutachten Kapitel 2, Pariser Klimaziele erreichen mit dem CO₂-Budget

⁵ Umweltbundesamt, Nationaler Inventarbericht

2.4 Szenarienberechnung

Die Berechnung der Szenarien erfolgt mit einem Excel-Tool. Szenarien sind keine Prognosen, sondern beschreiben eine mögliche Entwicklung auf Grundlage der getroffenen Annahmen.

- Die Szenarienberechnung bildet ein Modell aus Endenergieverbrauch und Energieversorgung auf Grundlage der kommunalen energetischen Territorialbilanz ab
- In der Szenarienberechnung werden zunächst die technischen und verhaltensbezogenen Minderungen des Endenergieverbrauchs berechnet und dann die zugehörige Energieversorgung betrachtet.
- Grundlagen der Szenarien sind die bekannten Potenziale für die Stadt Köln und die BISKO-Bilanz
- Die Reduktionspfade folgen einer linearen, logistischen oder prozentual konstanten Funktion (vergl. Abbildung 1)



Abbildung 1 Zeitliche Entwicklungsfunktionen

Auswahl der Funktion ist in Verbrauchssektoren und Energiesektoren auch für Einzelprozesse möglich.

Erforderlich ist die Eingabe des Start- und Zieljahres sowie den Ein- und den gewünschten Ausgangszustand. Zwischen diesen Eckdaten werden die Entwicklungspfade nach den ausgewählten Funktionen berechnet.

Für die logistische Funktion können auch Werte hinterlegt werden, die den Mittelpunkt der Potenzialausschöpfung sowie die Dauer der Potenzialausschöpfung variieren.

Gesamtergebnis der Szenarienberechnung ergibt sich durch Überlagerung der Einzelfunktionen.

Ergebnisse der Szenarienberechnung sind Entwicklungspfade für:

- Endenergieverbrauch für Verbrauchssektoren Private Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie und Verkehr

- Energiesektoren Wärme, Strom
- Treibhausgasemissionen für regionalen und bundesdeutsche Strommix
- Berechnung jährliche THG – Reduktionsziele und CO2-Restbudgets für Controlling
- Berechnung THG - Reduktionsziele je Handlungsfeld für Zielzustand für Controlling und Maßnahmenentwicklung
- Berechnung von Flexibilitätsoptionen auf Stundenbasis

Die folgenden Grund- und Rahmendaten sind für die Szenarienberechnung erforderlich. Sie werden in das Indikatorensystem übernommen und mit Angabe der jeweiligen Quellen hinterlegt.

2.4.1 Grunddaten der Szenarienberechnung

- Anzahl der Beschäftigten in den Sektoren GHD und Industrie
- Einwohnerzahlen
- Gesamtenergiebilanz nach Sektoren aus Klimaschutzplaner (Endenergie)
- Gesamtenergiebilanz nach Energieträgern aus Klimaschutzplaner (Endenergie)
- Aufteilung des Energieverbrauchs nach Sektoren laut Klimaschutzplaner
- CO2 – Bilanz nach Energieträgern (BISKO)
- CO2 – Bilanz nach Sektoren (BISKO)
- Kennzahlen für Erneuerbare Energien wie spezifische Erträge und Vollbenutzungsstunden
- Emissionsfaktoren mit zeitlichem Verlauf über die Stützjahre 2021, 2030, 2040, 2050
- Potenzialeinschätzungen der Erneuerbare Energien sowie Reduktionspotenziale in den Sektoren
- Potenzialeinschätzung der Wärmeerzeuger Anteile im Zielzustand

2.4.2 Rahmendaten Private Haushalte

- Prognosen zur Einwohnerentwicklung bis zum Ende des Betrachtungszeitraums
- Reduktionspotenzial Raumwärme
- Einschätzung des gesamten Modernisierungspotenzials in Prozent [%]
- Einschätzung Einsparpotenzial je Gebäudesanierung in Prozent [%]
- Einschätzung verhaltensbezogenen Reduktionspotenziale [%]
- Reduktionspotenzial Warmwasser
- Einschätzung des gesamten Modernisierungspotenzials in Prozent [%]
- Einschätzung Einsparpotenzial je Anlagensanierung in Prozent [%]
- Einschätzung verhaltensbezogenen Reduktionspotenziale [%]
- Reduktionspotenzial "Licht und Kraft"
- Einschätzung des gesamten Modernisierungspotenzials in Prozent [%]
- Einschätzung Einsparpotenzial je Anlagensanierung in Prozent [%]
- Einschätzung verhaltensbezogenen Reduktionspotenziale [%]

2.4.3 Rahmendaten Wirtschaftssektoren

- Zahl der Arbeitsplätze in den Sektoren,
- Prognosen zur Entwicklung der Arbeitsplätze in den Sektoren
- Reduktionspotenzial Raumwärme
- Einschätzung des gesamten Modernisierungspotenzials in Prozent [%]
- Einschätzung Einsparpotenzial je Gebäudesanierung in Prozent [%]
- Einschätzung verhaltensbezogenen Reduktionspotenziale [%]
- Reduktionspotenzial Warmwasser
- Einschätzung des gesamten Modernisierungspotenzials in Prozent [%]
- Einschätzung Einsparpotenzial je Anlagensanierung in Prozent [%]
- Einschätzung verhaltensbezogenen Reduktionspotenziale [%]
- Reduktionspotenzial "Licht und Kraft"
- Einschätzung des gesamten Modernisierungspotenzials in Prozent [%]
- Einschätzung Einsparpotenzial je Anlagensanierung in Prozent [%]
- Einschätzung verhaltensbezogenen Reduktionspotenziale [%]
- Reduktionspotenzial Prozesswärme
- Einschätzung des gesamten Modernisierungspotenzials in Prozent [%]
- Einschätzung Einsparpotenzial je Anlagensanierung in Prozent [%]

2.4.4 Rahmenbedingungen Wärmebereitstellung

Abgebildet wird der Wärmemix durch die verschiedenen Prozesse zur Wärmeerzeugung. Grundlage sind Annahmen zur Wärmestrategie auf Grundlage der Potenzialermittlung bzw. auf Basis von Annahmen.

Die Anteile der Prozesse an der Wärmebereitstellung werden für das Ausgangsjahr in Prozent festgelegt und dann für die Stützjahre variiert.

Objektversorgung – Brennstoffe

Die Kategorie enthält die konventionelle Wärmebereitstellung in Kesseln über diverse Energieträger.

- Biogas - Kessel – Objekt
- Biomasse - Kessel - Objekt
- Erdgas Kessel - Objekt
- Flüssiggas - Kessel - Objekt
- Heizöl - Kessel - Objekt
- Sonstige Erneuerbare - Kessel - Objekt
- Sonstige Konventionelle - Kessel - Objekt
- Steinkohle - Kessel – Objekt

Objektversorgung – Strom und Solar

Die nachfolgenden Prozesse weichen entweder von der konventionellen Verwendung in Kesseln ab oder sind eng mit dem Strommix verbunden. Beispielsweise benötigt ein Wärmepumpenprozess weniger Exergie für die Wärmebereitstellung als die direkte Umsetzung im Heizstromprozess. Dies wird über Faktoren berücksichtigt.

- Heizstrom - lokaler Strommix - Direkt - Objekt
- Wärmepumpe - lokaler Strommix - Wärmepumpe - Objekt
- Wasserstoff - lokaler Strommix - Kessel - Objekt
- Heizstrom - bundesdeutscher Strommix - Direkt - Objekt
- Wärmepumpe - bundesdeutscher Strommix - Wärmepumpe - Objekt
- Wasserstoff - bundesdeutscher Strommix - Direkt – Objekt
- Solarthermie - Direkt – Objekt

Leitungsgebundene Versorgung

In der Kategorie der leitungsgebundenen Wärmeversorgung wird zwischen Fern- und Nahwärme unterschieden. Dabei wird davon ausgegangen, dass unter Fernwärme die städtische FernwärmeverSORGUNG mit den dazugehörigen Emissionsfaktoren gemeint ist. Unter Nahwärme werden kleinere Lösungen wie BHKW's, Nachbarschaftsnetze etc. zusammengefasst. In einer Nebenbilanz wird der gesamte Emissionsfaktor über alle Nahwärmennetze gebildet.

- Primärenergie - Heizkraftwerk – Endenergie Fernwärme

- Primärenergie - Heizkraftwerk – Endenergie Nahwärme

2.4.5 Rahmenbedingungen Stromversorgung

Das Modul dient dazu, den Strommarkt mit verschiedenen Prozessen der Strombereitstellung abzubilden.

Die Prozesse werden für das Ausgangsjahr in Prozent festgelegt und für den Betrachtungszeitraum mithilfe der Funktionen und deren Parameter variiert.

Die Berechnung des Moduls beinhaltet Prozesse, die variabel sind sowie Prozesse das Ergebnis einer internen Berechnung sind und damit nicht verändert werden können.

Welche Prozesse beinhaltet das Modul?

- Strombezug Bundesdeutscher Strommix (dieser Anteil wird automatisch aus der Differenz der stationären Erzeugung und dem Stromverbrauch berechnet)
- KWK Strom (Anteil am lokalen Strommix)
- PV – Strom (Anteil am lokalen Strommix)
- Windstrom (Anteil am lokalen Strommix)

2.4.6 Rahmenbedingungen Verkehr

- Veränderung der Personenkilometer bzw. Fahrzeugkilometer in Prozent bis Zieljahr [+/- %]
- Verkehrsmittel sind: MIV, ÖPNV, Güterverkehr
- Reduktionspotenzial durch Verhaltensänderung (z. B. kraftstoffsparende Fahrweise) und technische Verbesserung (z. B. spritsparende Antriebe)
- Veränderungen in den Kraftstoff- und Antriebsarten
- Anteil von strombetriebenen MIV, ÖPNV und Güterverkehr
- Anteil von MIV, ÖPNV und Güterverkehr mit Wasserstoffantrieb bzw. Antrieb mit synthetischem Methan

2.4.7 Schnittstelle zur Kosten-Nutzen Analyse (Optimierungstool)

Übergabe spezifische Kennwerte zur Berechnung kapitalgebundener und bedarfsgebundener Kosten für ein Zielszenario und ein Trendszenario.

- Berechnung der kumulierten kapitalgebundenen Kosten der Treibhausgasreduktion [€]
- Berechnung der kumulierten bedarfsgebundenen Kosten der Treibhausgasreduktion [€]
- Berechnung der kumulierten eingesparten THG-Emissionen [toCO₂Äq]
- Einsparung Raumwärme Bestandssanierung Wohnen, GHD, Industrie
- Einsparung Wärme und Strom durch Suffizienz Private Haushalte, GHD, Industrie
- Einsparung Wärme und Strom durch Effizienzsteigerung Private Haushalte, GHD, Industrie
- Einsparung Kraftstoffe im Verkehrsbereich

2.5 Methodik Kosten – Nutzen Analyse (Ebene 1-3)

Die Berechnung erfolgt mit einem Excel-Tool zur strategischen Ziel- und Maßnahmenbewertung und Maßnahmenauswahl. Das Tool verfügt hierfür über eine, nach Handlungsfeldern differenzierten Eingabemöglichkeit, einer hinterlegten datenbankgestützten Berechnungsebene und einer über verschiedene Wirkungsebenen gestaltbaren Ausgabe der Wirkungen mit positiven Nebeneffekten (THG-Einsparung, Kosten – Nutzen Bewertung, regionale Wertschöpfung etc.).

Mit dem Oberbegriff „Kosten-Nutzen-Analyse“ wird hier die Einschätzung der Kostendimension der Transformation sowie des induzierten Nutzens beschrieben. Die Analyse wird für die wesentlichen Strategiebausteine auf Ebene der Handlungsfelder und der Maßnahmenebene der strategischen Handlungsschwerpunkte durchgeführt.

2.5.1 Einschätzung der Investitionskosten

- Die wesentlichen Investitionskosten in Köln zur Vermeidung von energetischen Treibhausgasemissionen durch technische und verhaltensbezogene Instrumente in den Handlungsfeldern werden grob eingeschätzt
- Die Berechnung wird für ausgewählte Schwerpunkte in den Handlungsfeldern auf Grundlage strategischer Ziele zum Erreichen der Klimaneutralität durchgeführt.
- Die Investitionskosten werden nach DIN 276 „Kosten im Hochbau“ anhand von Massenschätzungen sowie mittleren spezifischen Kosten berechnet und den Kostengruppen zugeordnet.
- Die Berechnung bildet die zentralen Maßnahmen auf Ebene der Handlungsschwerpunkte ab (z. B. Verdopplung Sanierungsrate privater Wohnungsbestand, Ausbau Dachflächen PV etc.)

2.5.2 Berechnung CO₂-Vermeidungskosten

- Die Vermeidungskosten sind die annuitätschen Kosten, die ausgehend von einem Referenzzeitpunkt zur Reduktion einer bestimmten Treibhausgasmenge aufgewendet werden müssen.
- Zu den annuitätschen Kosten gehören kapitalgebundene Kosten, bedarfsgebundene Kosten sowie sonstige Kosten (in Anlehnung an VDI 2067)
- Die kapitalgebundenen Kosten entsprechen den Investitionskosten aus dem vorangegangenen Kapitel
- Die bedarfsgebundenen Kosten ergeben sich insbesondere durch Energiebezugskosten.
- Bei der Berechnung der Vermeidungskosten einer energetischen Sanierung werden daher neben den Investitionskosten für Dämmmaßnahmen auch die Energieeinsparungen und die damit verbundenen Energiebezugskosten berücksichtigt.
- Die Vermeidungskosten berechnen sich als Quotient aus der Kosten- und Emissionsdifferenz zwischen den Maßnahmen zur Treibhausgasreduktion und einer entsprechenden Referenz.
- Als Referenzszenario gilt ein Trendszenario
- Zur besseren Einordnung der Ergebnisse werden die spezifischen Vermeidungskosten je Handlungsfeld den Umweltkosten in Euro pro Tonne gegenübergestellt .

2.5.3 Vermiedene Umweltschäden

- Ansatz liegt die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes zugrunde.
- Umweltkosten (Schadenskosten) schätzen die Kosten ein, die der Gesellschaft durch Treibhausgasemissionen und dem daraus resultierenden Klimawandel entstehen.
- Umweltkosten für das Jahr 2020 liegen bei 195 €/tCO₂ bzw. 680 €/tCO₂⁶. Empfohlen werden die 195 €/tCO₂.
- Der Unterschied der Bewertung ergibt sich aus einer gewichteten Zurechnung der Schäden auf zukünftige Generationen. Der höhere Wert geht davon aus, dass heutige und zukünftige Schäden gleich gewichtet werden, also im gleichen Maße die Wohlfahrt heutiger und zukünftiger Generationen berücksichtigt wird.
- Für das Zielszenario werden die kumulierten eingesparten Treibhausgasemissionen berechnet
- Die eingesparten Emissionen werden mit den zwei Kennwerten für die Umweltkosten multipliziert
- Ergebnis sind vermiedene Umweltschäden

2.5.4 Vermiedene CO₂-Steuer

- Die CO₂-Steuer ist eine Umweltsteuer, die auf die Treibhausgasemissionen angerechnet wird, die durch die Verbrennung fossiler Energieträger entstehen.
- Ist ein Steuerungsinstrument zur Internalisierung der externen Umweltkosten.
- Im Gegensatz zu Energiesteuern, die auch auf erneuerbare Energie erhoben werden, sind nicht fossile Energieträger von der CO₂-Steuer befreit.
- In Deutschland wurde die CO₂-Steuer 2021 für die Sektoren Wärme und Verkehr eingeführt.
- Bemessungsgrundlage sind die CO₂-Emissionen, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen.
- Die Bepreisung wird von der Bundesregierung festgelegt und beträgt zur Einführung 25⁷ Euro pro Tonne CO₂.
- Der Preis soll schrittweise bis 55 Euro im Jahr 2025 ansteigen. Die stärkere Anhebung des Preises wird aktuell diskutiert und ist für die Zukunft wahrscheinlich.
- Die verminderten CO₂-Steuern ergeben sich aus der Multiplikation der verminderten Treibhausgasemissionen des Zielszenarios

⁶ Quelle Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten, UBA

⁷ Hinweis BTU: Ab 2026 werden die Zertifikate an der Börse gehandelt werden. Hier müssen Festlegungen getroffen werden, wie mit dieser Unsicherheit umgegangen wird.

2.5.5 Regionale Wertschöpfung

- Eine Region oder eine Stadt profitiert von der Nutzung der Ressourcen in ihrem Gebiet – das ist der Grundgedanke der regionalen Wertschöpfung.
- Eine allgemeingültige Definition des Begriffs gibt es nicht⁸.
- Für Köln werden die in den Grenzen der Gebietskörperschaft und den dort ansässigen Unternehmen und deren Mitarbeitern erbrachte Wertschöpfung durch die Maßnahmen eingeschätzt.
- Beschrieben wird der Effekt durch die Unternehmensgewinne, das Nettoeinkommen der Mitarbeiter sowie die Einnahmen der Stadt in Form von Steuereinnahmen, Abgaben und Gebühren.
- Ebenfalls berücksichtigt werden die mit der Wertschöpfung verbundenen Arbeitsplatzeffekte in den wesentlichen beteiligten Branchen.
- Die Berechnung zeigt, wie viele Vollzeitäquivalente (VZÄ), bezogen auf die regionalen Umsätze umgesetzt werden können. Eine Quantifizierung der zusätzlich geschaffenen Arbeitsplätze findet nicht explizit statt.
- Grundlage für diese Berechnung sind die wesentlichen Umsätze in den Wertschöpfungsstufen z. B. durch die Sanierung von Gebäuden, den Bau von Solarstromanlagen oder dem Ausbau der Fernwärme Infrastruktur.
- Ergebnisse der Berechnung sind Einschätzungen der direkten regionalen Wertschöpfung (Installation, Betrieb von Anlagen) und der indirekten regionale Wertschöpfung (Wartung und Instandhaltung)
- Für beide Wertschöpfungsarten werden die regional verbleibenden Gewinne nach Steuern, die Nettoeinkommen sowie die kommunalen Einnahmen ermittelt.
- Bei den kommunalen Einnahmen werden umsatzgebundene Steuern, kommunale Anteile der Einkommenssteuer sowie Konzessionsabgaben berücksichtigt.

2.6 Wirkungsanalyse (Ebene 4)

Die Wirkungsanalyse berechnet für jede Aktivitätenempfehlung (Ebene 4) die Treibhausgasreduktion, die erforderlichen Sachkosten, die zeitlichen Verläufe der Aktivitätenempfehlungen. Die Berechnung erfolgt mit einem Excel-Tool für alle Aktivitätenempfehlungen je Handlungsfeld.

⁸ Das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) definiert die Wertschöpfung auf kommunaler Ebene als Zusammensetzung aus: Erzielter Gewinn (nach Steuern) der beteiligten Unternehmen, Nettoeinkommen der beteiligten Beschäftigten, die auf Basis der betrachteten Wertschöpfungsschritte gezahlten, kommunalen Steuern. Dieser Definition wir im IEK im Wesentlichen gefolgt.

3 Daten und Indikatoren

Daten und Indikatoren werden in Form von Excel-Blättern gesondert zur Verfügung gestellt.

- Tabellenbänder CO₂-Bilanz 2019/2020
- Tabellenbänder Szenarienberechnung
- Tabellenbänder Annahmen
- Tabellenband Trendszenario
- Tabellenband Szenario Köln 2030
- Tabellenband Szenario Köln 2035
- Indikatorensystem
- Tabellenbänder Wirkungsanalyse Aktivitätenportfolio

4 Hinweise zur Datenverwendung

Hinweise zur Urheberschaft und Umgang mit Daten und der Verwendung überlassener Tools und Werkzeuge. – werden in Abstimmung mit der Stadt Köln vor Übergabe der Daten ergänzt.